

Krzysztof MANIAK¹, Remigiusz MYDLIKOWSKI², Andrzej PRAŁAT³

POMIAR PROMIENIOWANIA ELEKTROMAGNETYCZNEGO OSUWISK

LANDSLIDES' ELECTROMAGNETIC EMISSION MEASUREMENT

Abstract

In this paper electromagnetic phenomena occurring during landslides activity are presented, and their measurement method analyzed in details. The authors propose an original system for measuring both continuous and pulsed electromagnetic emission of landslides. For such measurements boreholes must be drilled in the landslide. It is essential that the tubing constituting the borehole's lining must be made of a material which does not attenuate electromagnetic field. The results of electromagnetic emission examinations of the Jarosław landslide in south-western Poland, near Wrocław are presented too in this paper.

Key words: electromagnetic measurement, landslides

Wstęp

Przedstawiono aparaturę do pomiaru naturalnego promieniowania elektromagnetycznego występującego na obszarach aktywnych osuwisk, często określanego w literaturze jako PEE (Pulsed Electromagnetic Emission). Zaprezentowano również wyniki badań promieniowania elektromagnetycznego, które przeprowadzono na aktywnym osuwisku Halina w miejscowości Jarosław w pobliżu Wrocławia w latach 2005 ÷ 2006. W artykule nie podjęto prób wytłumaczenia mechanizmu generacji pól PEE na obszarach aktywnych osuwisk. Informację na ten temat można znaleźć w pracach (Barsukow, 1990; Blaha, 2003a; Blaha et al., 2004; Blaha, 2004a; Kharkhalis, 1995; Mastow et al., 1983; Mastow et al., 1984; Mastow et al., 1985; Mastow et al., 1989; Mastow et al., 1989a).

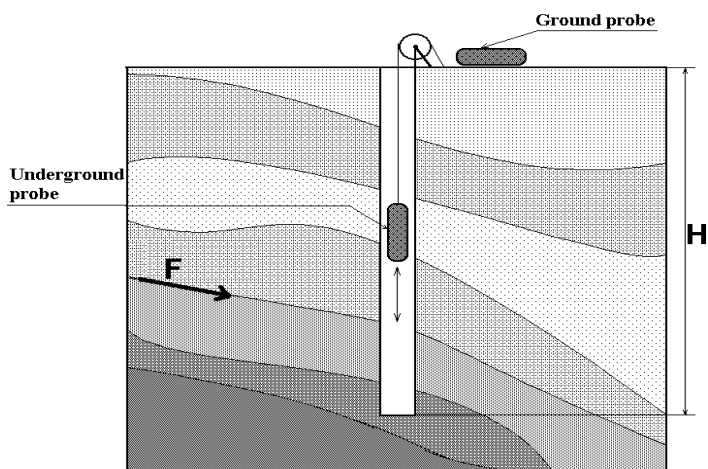
Budowa systemu pomiarowego

System pomiarowy umożliwia rejestrację składowej magnetycznej pola elektromagnetycznego zarówno o charakterze ciągłym jak i impulsowym, wzdłuż odwiertu pomiarowego o głębokości H, co zostało przedstawione na rysunku 1. Opis techniczny systemu pomiarowego jak również procedurę prowadzenia pomiarów zawarto w zgłoszeniu patentowym (Prażat et al., 2004b). Wyniki dotychczas wykonanych badań, wykorzystujących prezentowany system do badania aktywności elektromagnetycznej osuwisk zamieszczono w pozycjach (Prażat et al., 2004; Prażat et al., 2004a; Prażat et al., 2005; Prażat et al., 2005a). Podobny do prezentowanego sposób pomiaru promieniowania elektromagnetycznego w odwiertach opisano w pracach (Singh et al., 2003; Tsutsui, 2002).

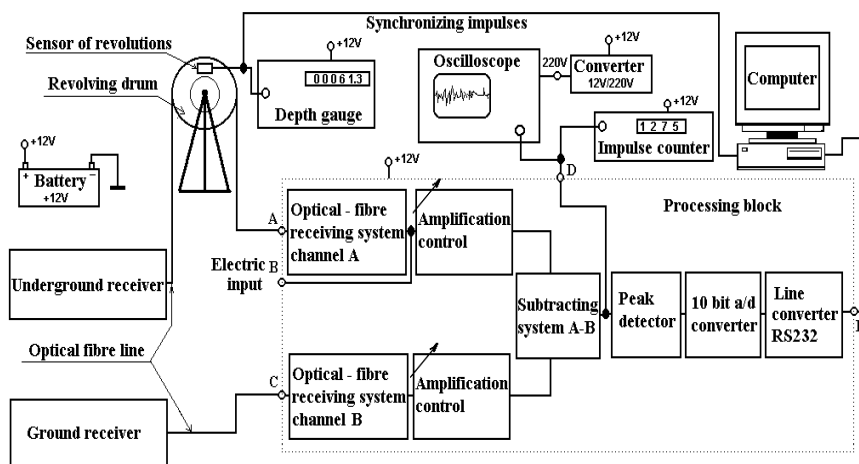
¹ Mgr, Institute of Telecommunications, Teleinformatics and Acoustic, Wrocław University of Technology, Wyspiańskiego 27, Wrocław, Poland, krzysztof.maniak@pwr.wroc.pl

² Dr, Institute of Telecommunications, Teleinformatics and Acoustic, Wrocław University of Technology, Wyspiańskiego 27, Wrocław, Poland, remigiusz.mydlkowski@pwr.wroc.pl

³ Prof., Institute of Telecommunications, Teleinformatics and Acoustic, Wrocław University of Technology, Wyspiańskiego 27, Wrocław, Poland, andrzej.pralat@pwr.wroc.pl



Rys.1 Sposób prowadzenia pomiarów w odwiercie pomiarowym.



Rys.2 Schemat blokowy systemu do pomiaru i rejestracji promieniowania elektromagnetycznego.

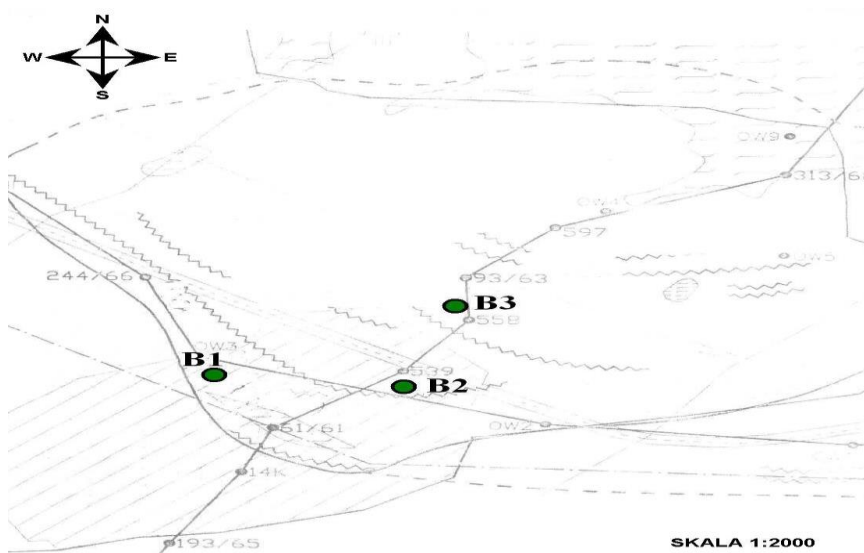
Schemat blokowy urządzenia przedstawiono na rysunku 2. Podstawę systemu pomiarowego stanowią dwa identyczne pod względem funkcjonalnym selektywne odbiorniki promieniowania magnetycznego tzw. sondy pomiarowe. Nominalnie obydwa odbiorniki dostrojone są do częstotliwości $f_0 = 15[\text{kHz}]$, ich czułość wynosi $4 \cdot 10^{-6}[\text{A/m}]$ przy stosunku sygnał szum $S/N = 10[\text{dB}]$. Istnieje możliwość zmiany częstotliwości pracy odbiorników w zakresie $5 \div 20[\text{kHz}]$. Jeden z odbiorników, zwany też sondą podziemną wprowadzany jest do odwiertu pomiarowego. Sonda podziemna o długości $600[\text{mm}]$ i średnicy $35[\text{mm}]$ przystosowana jest do prowadzenia pomiarów w tradycyjnych otworach wykonanych dla potrzeb badań inklinometrycznych osuwisk. Odbiornik

w odwiercie utrzymywany jest on za pomocą przewodu światłowodowego, którym transmitowany jest sygnał pomiarowy. Zastosowanie światłowodu do transmisji mierzonego sygnału z sondy podziemnej jak i naziemnej, znacznie polepsza odporność systemu pomiarowego na zakłócenia elektromagnetyczne pochodzące z otoczenia. Precyzyjne prowadzenie sondy zapewnia obrotowy bęben karotażowy. Bęben zaopatrzony jest w miernik głębokości, umożliwiający określenie położenia sondy z dokładnością 5[cm]. Miernik głębokości posiada również wyjście przystosowane do współpracy z komputerem, co jest wymagane do cyfrowej rejestracji danych. Drugi z odbiorników umieszczony na powierzchni ziemi (sonda naziemna) w pobliżu otworu pomiarowego rejestruje powierzchniowe pola elektromagnetyczne, które wnika pod powierzchnię ziemi, zakłócając rejestrowane pole podziemne. Słuszne wydaje się odjęcie od sygnału rejestrowanego przez sondę podziemną sygnału z sondy naziemnej. Metoda ta zapewnia częściową eliminację w rejestrowanym sygnale zakłóceń elektromagnetycznych pochodzących z otoczenia naziemnego. Jest to szczególnie istotne w przypadku sąsiedztwa linii elektroenergetycznych, zabudowań, dróg itp. Sygnały z obydwu sond doprowadzane są do bloku przetwarzającego (gniazda A i C), w którego skład wchodzi dwa odbiorniki linii światłowodowej, dające na wyjściu analogowy sygnał elektryczny. Poziomy amplitud otrzymanych sygnałów mogą być ustalane dzięki niezależnej regulacji wzmocnienia każdego toru odbiorczego w zakresie $1 \div 10[V/V]$. Dla sygnału z sondy podziemnej przewidziano również wejście elektryczne (gniazdo B). Kolejnym modulem wychodzącym w skład bloku przetwarzania jest układ odejmujący o wzmocnieniu jednostkowym. Wypadkowy sygnał różnicowy doprowadzony jest do modułu detektora szczytowego. Istnieje również możliwość kontrolnej obserwacji sygnału różnicowego przy pomocy oscyloskopu (gniazdo D). Do wyjścia D może zostać podłączony też licznik impulsów, którego wskazanie bezpośrednio określa aktywność osuwiska na danej głębokości w przypadku wystąpienia impulsowej a nie ciągłej emisji elektromagnetycznej. Napięcie stałe odpowiadające chwilowej wartości szczytowej przebiegu przetwarzane jest w dziesięciobitowym przetworniku analogowo-cyfrowym, dającym na wyjściu informację cyfrową w standardzie RS232. Sygnał pomiarowy (gniazdo E) doprowadzony jest do komputera i rejestrowany na dysku. System pomiarowy w warunkach polowych zasilana jest napięciem 12[V], pozyskanym z akumulatora samochodowego z wyjątkiem odbiorników pomiarowych posiadających własne zasilanie akumulatorowe z ogniw typu Li-Ion. Sonda podziemna posiada hermetyczną konstrukcję, ze względu na fakt występowania wody w odwiertach.

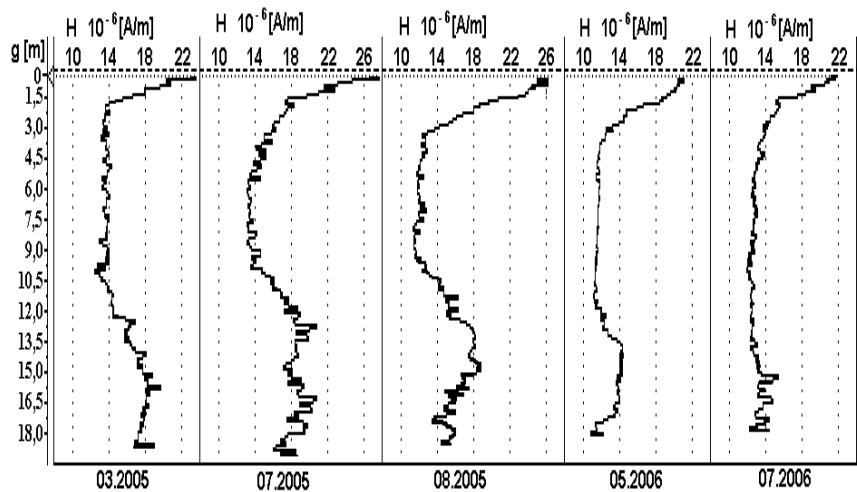
Wyniki pomiarów

Przedstawiono wyniki pomiarów wykonanych na osuwisku w miejscowości Jaroszków. Na obszarze osuwiska znajdują się trzy odwierty, obudowane na całej długości rurą wykonaną z plastiku. Jedynie ich zabezpieczające zwieńczenia wykonane są z rury stalowej sięgającej zależnie od odwiertu na głębokość $0,5 \div 1[m]$. Pomiary prowadzone były cyklicznie w miesiącach wiosenno – letnich w latach 2005 - 2006. Usytuowanie odwiertów pomiarowych, oznaczonych odpowiednio B1, B2 , B3 przedstawiono na rysunku 3.

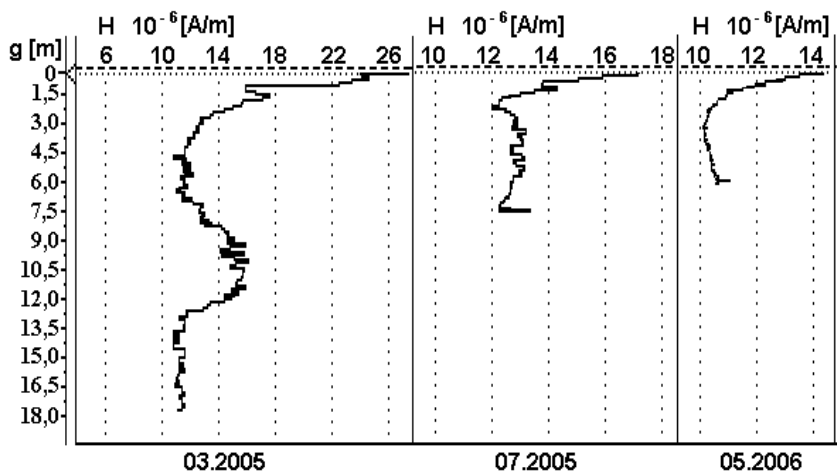
Na rysunkach 4 ÷ 6 zaprezentowano zależności natężenia pola magnetycznego w funkcji głębokości dla badanych odwiertów pomiarowych B1, B2 i B3.



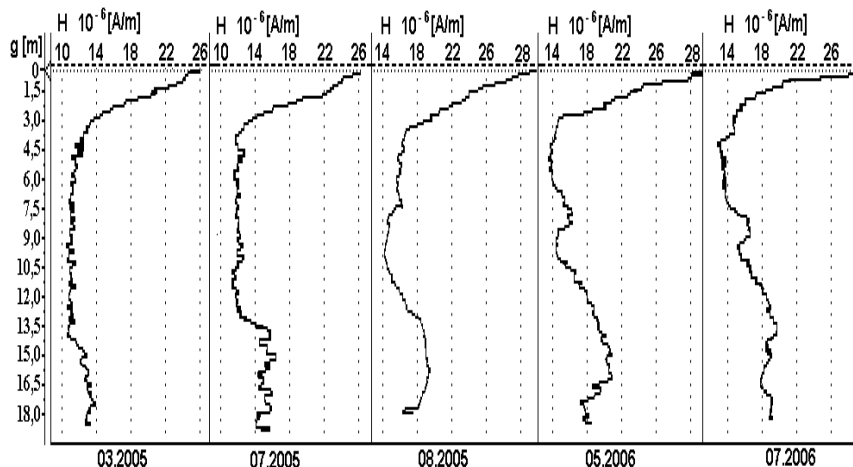
Rys.3 Rozmieszczenie odwiertów pomiarowych na terenie osuwiska w miejscowości Jarosław.



Rys.4 Przebieg natężenia pola magnetycznego wzdłuż odwiertu B1.



Rys.5 Przebieg natężenia pola magnetycznego wzdłuż odwiertu B2.



Rys.6 Przebieg natężenia pola magnetycznego wzdłuż odwiertu B3.

Podsumowanie

Przedmiotem przedstawionych w artykule badań było aktywne osuwisko w miejscowości Jarosłów niedaleko Wrocławia. O aktywności osuwiska świadczą widoczne na powierzchni ziemi liczne rozstępy, pęknięcia, uskoki gruntu oraz odnotowane w przeszłości ruchy osuwiskowe. W celu monitorowania aktywności elektromagnetycznej osuwiska wykonano na początku 2005 roku trzy

odwerty kontrolne w najbardziej aktywnej, południowej części zbocza. W miesiącach czerwiec – październik 2006 roku dodatkowo wykonane zostały geodezyjne pomiary przemieszczenia reperów powierzchniowych usytuowanych w miejscu odwiertów pomiarowych. Nie wykonano jak dotąd pomiarów inklinometrycznych, obrazujących głębokościowy rozkład przemieszczeń warstw osuwiska. Za aktywnością osuwiska w Jarosławie przemawiać może również fakt, że w trakcie prowadzonych po raz pierwszy pomiarów aktywności elektromagnetycznej w marcu 2005r. stwierdzono pełną drożność odwiertu B2 do jego nominalnej głębokości tj. 18 [m], obserwując anomalię pola magnetycznego na głębokości $7,5 \div 9$ [m] (patrz rys.5). Kolejny pomiar przeprowadzony w lipcu 2005r. wykazał brak drożności odwiertu dla sondy pomiarowej (długość 600 [mm], średnica 35 [mm]) na głębokości ok. 7 [m]. Badania odwiertu B2 wykonane w maju 2006r. wykazały drożność odwiertu do głębokości około 4,5 [m]. Po wpuśczeniu do odwiertu niewielkiego ciężarka stwierdzono jego pełną drożność. Świadczyć to może o zakrzywieniu plastikowej rury stanowiącej obudowę odwiertu w wyniku przemieszczenia się warstwy (warstw) osuwiska. Przypuszczać należy więc że na głębokości ok. $7 \div 9$ [m] wystąpiło przemieszczenie warstw osuwiska. Obserwując rozkład emisji pola magnetycznego w funkcji głębokości dla odwiertu B1 (patrz rys.4) można łatwo zauważyć że we wszystkich przypadkach wzrost rejestrowanego natężenia pola występuje poniżej 10 metra głębokości. Każdorazowo w procesie interpretacji wyników pominięto początkową znaczną wartość natężenia rejestrowanego pola magnetycznego, będącą wynikiem wnikań zewnętrznych pól zakłócających pod powierzchnią ziemi. Wpływ zakłóceń elektromagnetycznych na rejestrowane w odwiertach przebiegi PEE komentowany był w pracach wielu badaczy (Blaha, 2003). Anomalie w odwiercie B1 mają charakter stały, zmianie ulega jedynie ich poziom natężenia. Pozwala to przypuszczać, że aktywna jest dolna partia osuwiska. Wykonane dla odwiertu B1 sondowanie elektrooporowe wykazało, że minimum rezystywności wynoszące 15 [Ω m] przypada w okolicach 10 metra głębokości i przy większych głębokościach rezystywność nieznacznie wzrasta, nie przekraczając jednak 20 [Ω m]. W wyższych partiach osuwiska wartość rezystywności dochodzi do 50 [Ω m]. Świadczyć to może o zwiększonym nawodnieniu dolnych warstw osuwiska, co czyni je szczególnie podatnymi na wystąpienie ruchów osuwiskowych. Podobne kryterium oceny stanu osuwiska oparte na pomiarze rezystywności zaproponowano w pozycji (Bogoslovsky et al., 1977). Odwiert B3 wykazuje największą zmienność emisji magnetycznej. W trakcie pierwszych pomiarów wykonanych w marcu 2005r. przebieg natężenia pola wzdłuż odwiertu B3 był mało zróżnicowany, ze słabo zaznaczoną anomalią w dolnych partiach osuwiska, co widać na rysunku 6. Świadczy to o słabych procesach osuwiskowych w części osuwiska położonej w okolicach odwiertu B3. Kolejne pomiary przeprowadzone w lipcu i sierpniu 2005r. wykazują wzmożoną emisję pola magnetycznego od 12 [m] w głąb. Można więc podejrzewać istnienie powolnych ruchów osuwiskowych dolnych partii osuwiska w części zbocza, gdzie znajduje się odwiert B3. Znaczny spadek aktywności PEE dla odwiertu B1 oraz B3 zaobserwowany w lipcu 2006 roku związany był z ogólnym osłabieniem aktywności osuwiska w wyniku wystąpienia blisko dwumiesięcznego okresu silnej suszy. Również wykonane w tym czasie odczyty przemieszczenia sieci reperów wykazały nieznaczne ich ruchy, pozostające na poziomie błędów metody. Obserwowane anomalne pola magnetyczne w odwiertach nie wykazują nagłego, impulsowego charakteru narostu lecz rozciągnięte są na przestrzeni kilku metrów. Dla odwiertów B1, B3 w kształcie krzywych wyróżnić można dwa zakresy aktywności magnetycznej. Pierwszy związany z górnymi partiami osuwiska wykazywał jednorodny poziom emisji PEE, co szczególnie dokładnie widać dla odwiertu B1. Aktywne, dolne partie osuwiska wykazują podwyższoną emisyjność pól magnetycznych. Nagły wzrost emisji pól PEE obserwowany jest w przypadku wyraźnie zaznaczonych płaszczyzn poślizgu, co obserwowane było w przypadku odwiertu B2 (Blaha, 2003; Blaha, 2004; Blaha, 2004a).

Literatura

- [1] Barsukow, O. M. (1990); „Ocena magnitnych wozmuszenij elektromagneticzeskoj prirody”; Fizika Zemlji no.1.

- [2] Blaha, P. (2003): "Natural high-frequency field by the human residences"; Sbornik 12, Nove vysledky seismologickych, geofyzikalnich a geotechnickych pruzkumu, Ostrava - Poruba, Czech Republic.
- [3] Blaha, P. & Duras, R. (2003a): "Natural high-frequency field in the Karolinka landslide"; Sbornik 12, Nove vysledky seismologickych, geofyzikalnich a geotechnickych pruzkumu, Ostrava - Poruba, Czech Republic.
- [4] Blaha, P. & Duras, R. (2004): "Natural high frequency electromagnetic field on the Karolinka landslide"; EGRSE International Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment, Czech Republic, 1-2. XI.
- [5] Blaha, P. (2004a): "Karolinka – high electromagnetic field in 2003"; Sbornik 13, Rozvoj seizmologie, inzenyrskie geofyziky a geotechniky pruzkumu, Ostrava - Poruba, Czech Republic
- [6] Bogoslovsky, V.A. & Ogilvy, A.A. (1977); "Geophysical methods for the investigation of landslide"; Geophysics vol.42, no.3,
- [7] Kharkhalis, N.R. (1995); "Manifestation of natural electromagnetic pulse emission on landslide slopes"; Geophysical Journal vol.14, no.4,
- [8] Mastow, R.Sz., Sałomatin, W.N. & Jaworowicz, W.L. (1983): „Wyjawnienie stiepieni dieformacij ucziastkow opolznia metodom registracji impulsow elektromagnitnogo polia”; Inzenernaja Geologia no. 2,
- [9] Mastow, R.Sz., Gold, R.M., Sałomatin, W.N. & Jaworowicz, W.L. (1984): „Izłuczenie irogressirujuszego razruszenija pri razviti opolznego processa metodom registracji elektromagnitnyh signalow”; Inzenernaja Geologia no.1,
- [10] Mastow, R.Sz., Rybakow, B.S. & Gruzina, E.E. (1985): „Statisticzeskij metod kratkosrocznogo prognoza wriemieni korowego ziemlijatrasienia po impulsnoj elektromagnitnoj aktiwnosti”; Fizika Zemlji no.5,
- [11] Mastow, R.Sz., Jaworowicz, W.L. & Gold, R.M.(1989): „Elektromagnitnaja aktiwnost pri reologiceskich ispitaniach gornych porod”; Inzenernaja Geologia no.2,
- [12] Mastow, R.Sz., Rudko, G.I. & Sałomatin, W.N. (1989a): „Elektromagnitnaja aktiwnost pri razviti opolzniei glinistych otłożeniach”; Inzenernaja Geologia no.6,
- [13] Prałat, A., Maniak, K. & S. Wójtowicz, (2004): „Electromagnetic emission from rocks – laboratory and field measurements”, EGRSE International Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment, Czech Republic, 1-2. XI. 2004
- [14] Prałat, A. & Maniak, K. (2004a): „Electromagnetic phenomena in landslides”; On Recent Geodynamics of the Sudety Mts. And Adjacent Areas, 6th Czech-Polish Workshop, Łężyce, Poland,
- [15] Prałat, A., Maniak, K. & Wójtowicz, S.(2004b): „Urządzenie do pomiaru osuwisk i sposób pomiaru występowania osuwisk”, Zgłoszenie Patentowe RP nr P-366412,
- [16] Prałat, A. & Maniak, K. (2005): „Promieniowanie elektromagnetyczne osuwisk”, XI Krajowe Sympozjum Nauk Radiowych URSI, Poznań 7-8 kwietnia,
- [17] Prałat, A., Maniak, K. & Pompura I.(2005a): „Electromagnetic phenomena in landslides”; Acta Geodynamica et Geomaterialia, Czech Republic 2005,
- [18] Singh, B., Hayakawa, M., Mishra, P.K., Singh, R.P. & Lakshmi, D.R. (2003): “VLF electromagnetic noise bursts observed in a borehole and their relation with low-latitude hiss”; Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics no.65,
- [19] Tsutsui, M. (2002): „Detection of earth-origin electric pulses” (2002); Geophysical Research Letters vol.29, no.8.